Über die Beteiligung der Vorderbeine an der Chemorezeption bei einigen Wasserwanzen

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
DER PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT
DER PHILIPPS-UNIVERSITÄT MARBURG

vorgelegt von

Gesche R. Abraham geb. Ehlers
aus Stade-Brunshausen

Marburg (D 4) 1944
Druckerei Hermann Bauer

Als Dissertation angenommen am 18. Oktober 1943
Berichterstatter: Prof. Dr. Alverdes
Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 1943

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Die Arbeit erscheint auch in der
„Zeitschrift für vergleichende Physiologie"
30. Band, 3. Heft, 1944, S. 321—342

Sonderdruck aus
„Zeitschrift für vergleichende Physiologie".
30. Band, 3. Heft, 1944, S. 321—342.

Springer-Verlag, Berlin W 9.

(Aus dem Zoologischen Institut der Universität Marburg a. d. Lahn.)

ÜBER DIE BETEILIGUNG DER VORDERBEINE AN DER CHEMOREZEPTION BEI EINIGEN WASSERWANZEN[1].

Von

GESCHE R. ABRAHAM, geb. EHLERS.

Mit 15 Textabbildungen.

(Eingegangen am 26. Januar 1944.)

Inhaltsverzeichnis.

Seite

A. Problemstellung und Material 321
B. Untersuchungen an Nepa 322
I. Physiologische Versuche 322
a) Bedeutung optischer und taktiler Reize für den Beuteerwerb . . 322
b) Versuche mit chemischen Reizen 323
1. Versuche zur Feststellung eines chemischen Sinnes an den Beinen 323
2. Versuche über das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Chemikalien 325
3. Fütterungsversuche mit Beutetieren 327
4. Genauere Lokalisation des Rezeptionsvermögens 328
II. Anatomische Untersuchungen 329
C. Untersuchungen an Corixiden 335
I. Physiologische Versuche 335
II. Feststellung und anatomische Untersuchung eines chemischen Organs bei verschiedenen Corixidenarten 340
D. Zusammenfassung 341
E. Literatur 342

A. Problemstellung und Material.

Nachdem durch WEISS und MINNICH nachgewiesen wurde, daß bei *Pyrameis atalanta* L. (Lepidopteren) und *Calliphora vomitoria* L. (Dipteren) den Beinen ein Geschmacksvermögen zukommt, lag es nahe, auch andere Insekten auf diese Fähigkeit zu untersuchen. Besonders geeignet müssen hierfür Insekten sein, deren Beine beim Beuteerwerb oder bei der Nahrungssuche stark beteiligt sind.

Als günstiges Objekt erschien *Nepa cinerea* L., die leicht in größeren Mengen zu beschaffen und ohne Verluste aufzuziehen ist. Zufolge ihrer Freßlust reagieren die Tiere meist gut auf Nahrungsreize, und das Zupacken der Fangbeine ist eine deutlich erkennbare Reaktion, über deren Bedeutung nur in seltenen Fällen Zweifel bestehen können, nämlich dann, wenn die Tiere in Bedrängnis geraten sind oder besonders starke Reize angewandt werden. Dann handelt es sich um Versuche, einen Gegner zu fassen.

[1] D 4.

Von Interesse mußten auch Untersuchungen an Corixiden sein, über die bereits bekannt ist (Weber), daß das Männchen von *Corixa geoffroy* Leach *(C. punctata* Ill.) an der Spitze der Palae neben der Endborste einen Sinneskolben trägt, der den typischen Bau der chemorezeptorischen Sinnesorgane aufweist. Über seine Funktion als Organ zur Auffindung der Weibchen oder zur Untersuchung des Schlammes auf Nahrungsstoffe sind jedoch noch keine Untersuchungen vorgenommen worden. Auch lagen noch keine klaren Angaben vor über das Vorhandensein des Organs bei Weibchen und Larven sowie über sein Vorkommen bei verwandten Arten[1]).

B. Untersuchungen an Nepa.

Die zu meinen Untersuchungen benutzten Skorpionwanzen wurden in Schalen gehalten, die einen Durchmesser von 10 cm und eine Höhe von 5cm besaßen und etwa 1 cm hoch mit Leitungswasser gefüllt waren. Da es im Verlauf der Untersuchungen notwendig wurde, ständig die Gefäße zu spülen und neues Wasser nachzufüllen, wäre es unmöglich gewesen, Teichwasser in ausreichender Menge heranzuschaffen. *Nepa* verträgt Leitungswasser ohne Schaden, da sie aus dem Luftraum atmet und in bezug auf das Wasser sehr unempfindlich ist. In freier Natur findet man sie oft in Pfützen, die mit allerhand faulen Substanzen angefüllt sind. Da die Schalen nach jedem chemischen Versuch gründlich gereinigt werden mußten, erwies es sich als nicht ratsam, einen Bodenbelag in die Behälter zu bringen. Sie enthielten jedoch stets ein paar welke Blätter oder einige Wasserpflanzen, die leicht durch neue ersetzt werden konnten. Die Tiere schoben sich gern unter diese, so daß nur die Fangbeine herausragten. Um ein Entweichen zu verhüten, war es notwendig, die Schalen mit einer Glasplatte zu bedecken.

Den größten Teil meiner Tiere fing ich als Larven aus verschiedenen Teichen in der Nähe Marburgs. Ihre Aufzucht ist leicht, und bei täglicher Fütterung entwickeln sie sich fast sämtlich und zwar in gleich langer Zeit zur Imago. Kannibalismus war in meinen Zuchten selten, besonders, wenn darauf geachtet wurde, daß sich nur Tiere gleichen Stadiums in einem Zuchtbehälter befanden. Die in der Gefangenschaft aufgezogenen Exemplare erreichen sämtlich die Größe der frei gefangenen Imagines. Die Überwinterung erfolgte im Keller bei etwa 5° C, ohne daß sie gefüttert werden mußten. Die hierbei eingetretenen Verluste waren gering, und zu Beginn des Frühjahrs waren die Tiere in einem guten Zustand und voll reaktionsfähig.

I. Physiologische Versuche.

a) Bedeutung optischer und taktiler Reize für den Beuteerwerb.

Beim Beutefang der *Nepa* spielen verschiedene Reize eine Rolle. Im allgemeinen wird angegeben (Weber), daß sie das sich nähernde Beutetier optisch erkennen und in dem Augenblick zupacken, wo es in Reichweite gekommen ist. Entsprechend konnte ich beobachten, daß sehr hungrige Tiere schon auf eine raschere Bewegung der Hand außerhalb der durch eine Glasplatte bedeckten Zuchtgefäße mit einem Spreizen und Heben der Fangbeine, also mit der Bereitschaftsstellung zum Fang antworteten.

[1] Herr Prof. Dr. F. Alverdes gab mir die Anregung zu dieser Arbeit. Ich danke ihm für seine stete Hilfsbereitschaft, seine Anteilnahme und so manchen guten Rat, den er mir bei ihrer Anfertigung zuteil werden ließ.

Langsamere Bewegungen wurden nicht beachtet. Im übrigen konnte ich aber nicht bestätigen, daß der optische Reiz der ausschlaggebende sei. Oft befand sich ein Beutetier sehr wohl in Reichweite der Fangarme, wurde aber in keiner Weise beachtet. In dem Augenblick jedoch, wo es eine ruckhafte Bewegung machte oder hierbei gar die Vorderkante der Fangbeine berührte, wurde es sofort ergriffen. Auch wanderten die im Verlauf der Untersuchungen durch Lackieren der Augen mit Spirituslack geblendeten Tiere zwar zunächst etwas ziellos umher, fingen dann aber ihre Beute genau so sicher wie die normalen Tiere. Auf Berührung des Körpers und des zweiten und dritten Beinpaares ist *Nepa* recht unempfindlich und läßt sich dabei im Gefäß hin und her schieben, ohne ein Glied zu rühren oder Fluchtversuche zu unternehmen. Wenn jedoch die vordere Kante der Fangbeine mit einer Nadel leicht berührt wird, erfolgt ein blitzschnelles, kräftiges Zupacken, so daß gelegentlich die Tiere so aus dem Wasser herausgehoben werden können. Einmal beobachtete ich ein Tier, das ohne einen zunächst ersichtlichen Grund wild um sich schlug. Die genauere Untersuchung ergab dann, daß ein Fädchen Glaswolle auf die Fangbeine gefallen war, und diese leichte Berührung genügte, um immer wieder den Reflex des Zupackens auszulösen.

Gegen Erschütterung ist *Nepa* sehr empfindlich. Beim Blasen auf die Wasseroberfläche oder beim unvorsichtigen Bespritzen der Fangbeine mit Behälterwasser, besonders, wenn es mit Luftblasen gemischt ist, nimmt sie sehr rasch eine fangbereite Stellung ein. Diese Beobachtungen ergeben zunächst, daß am Beutefang der *Nepa* zwei Reaktionen beteiligt sind: 1. Aufmerksamwerden und Einnahme einer zum Fang bereiten Stellung, ausgelöst durch Erschütterung oder optisches Erkennen einer Bewegung, und 2. Zupacken der Fangbeine, das meist erst bei einer Berührung der vorderen Kante der Fangbeine erfolgt.

b) Versuche mit chemischen Reizen.

Es ist jedoch anzunehmen, daß auch chemische Wahrnehmungen beim Beuteerwerb und der Nahrungsaufnahme eine Rolle spielen. Die Fühler sind hierfür ungeeignet. Sie sind sehr klein und liegen in einer Rinne hinter dem Kopf verborgen. An der Rüsselspitze sollen nach Nagel bei *Nepa* keine Geschmacksorgane vorkommen, wie sie bei anderen Wanzen bekannt sind. Auch mir ist es nicht gelungen, hier irgendwelche Organe festzustellen, die chemorezeptorischer Art sein könnten. Beim Saugakt selbst tritt ein inneres Geschmacksorgan in Tätigkeit. Die Tiere schieben ein mit Essig injiziertes Beutetier nach erfolgtem Einstich wieder zurück. Es dürfte sich hier um das allgemein bei Wanzen bekannte, epipharyngeale Geschmacksorgan handeln.

1. Versuche zur Feststellung eines chemischen Sinnes an den Beinen. Es war nun zu untersuchen, ob für *Nepa* auch schon bei Berührung der Beute mit den Fangbeinen eine chemische Wahrnehmung möglich ist.

Um die Empfindlichkeit der Fangbeine auf chemische Reize zu erproben, wurden zunächst an Stelle der gewohnten Nahrung Behälterwasser, Zuckerwasser, Lösungen von Salzen, Säuren und andere chemisch wirksame Substanzen an die Fangbeine oder in die Nähe derselben gebracht und die Reaktionen beobachtet. Dabei war es mein Bestreben, alle sonstigen, eine Reaktion auslösenden Reize, vor allem Erschütterungen und Berührungen zu vermeiden, und ich arbeitete mit haarfein ausgezogenen Pipetten, deren Öffnungen eine lichte Weite von etwa 0,15 mm besaßen.

Einige Protokolle mögen den Verlauf dieser Versuche, von denen ich hunderte ausführte, deutlich machen.

25. 5. 42. ♀ 3 sitzt sehr ruhig auf einem Blatt, und es gelingt, eine ganze Pipette mit Behälterwasser über die beiden Fangbeine ohne jegliche Reaktion zu spritzen. Dann Wiederholung mit RINGER-Lösung. Schon nach Ausströmen einer kleinen Menge der Lösung geht das getroffene Bein in Fangbereitschaft (d. h. die Tarsenglieder, die in der Ruhe dem Boden leicht aufliegen, werden etwas gespreizt und gehoben, so daß sie nun in der Höhe des Kopfes getragen werden). Das andere Fangbein wird schon beim ersten Tropfen, der es berührt, in die fangbereite Stellung gebracht.

Einem ruhig sitzenden ♂ wird konzentrierte Traubenzuckerlösung, leicht mit Congorot angefärbt, in die Nähe des einen Fangbeines gebracht. Das Tier geht sofort in Bereitschaftsstellung, sobald der sich ausbreitende Tropfen das Bein berührt.

Diese Versuche mit ruhenden Tieren machten ein Vorhandensein von chemorezeptorischen Organen an den Fangbeinen wahrscheinlich. Noch eindeutiger trat dieses Erkennungsvermögen für chemische Substanzen zutage, wenn es sich bei den angewandten Stoffen um solche handelte, die abstoßend wirken. Kräftiges Spritzen kann leicht Zupacken hervorrufen; einem solchen Reiz wird durch abstoßende Substanzen entgegengewirkt, und wenn die Tiere ihre Fangbeine aus der getroffenen Zone bewegen, ist es ein sicherer Beweis, daß diese Substanz eine abstoßende Wirkung besitzt.

Resultate dieser Art erhielt ich bei der Anwendung von 0,25%iger Schwefelsäure, 4%iger Essigsäure, konzentrierter Chininsulfatlösung, 0,2%iger Natronlauge, Kochsalzlösung bis zu einer Verdünnung von 3,5%, während bei einer Konzentration von 0,4% oft die fangbereite Stellung angenommen wurde. Mit Schwefelsäure arbeitete ich vorzugsweise, da Essigsäure nicht nur Geschmacksqualitäten hat. Die angewandte Verdünnung der Schwefelsäure ist so schwach, daß sie von Menschen kaum noch als sauer empfunden wird. Außerdem ist zu bedenken, daß die Stoffe sich im Behälterwasser noch stärker verdünnen. Eine Reizschwelle genau anzugeben, ist also unmöglich. Trotzdem vermögen diese Angaben wohl einen ungefähren Eindruck von der Stärke der angewandten Reize zu geben.

Bei Versuchen an saugenden Tieren mußten die Konzentrationen höher sein, außerdem erhielt ich nur Reaktionen bei abstoßenden Stoffen.

15. 5. 42. *Nepa* nimmt vorgehaltene Ephemeridenlarve gierig an und sticht sofort ein. Ein Fangbein mit konzentrierter Kochsalzlösung bespritzt, deutliche Abwehrbewegungen des getroffenen Beines, d. h. das Fangbein wird zuerst zurückgenommen und dann mit eingewinkeltem Tarsenglied wieder vorwärtsgeführt, so daß die sich im Bereich der Fangbeine befindlichen Substanzen fortgeführt werden. Erfaßt die Beute neu und versucht an anderer Stelle den Einstich. Beim weiteren Spritzen lassen beide Fangbeine los und rühren die Beute fort.

15. 5. 42. *Nepa* mit Ephemeridenlarve gefüttert. Dann die Fangbeine mit Behälterwasser, das mit Luftblasen gemischt ist, bespritzt, ohne daß das Tier irgendwie reagiert hätte. Bei Anwendung von 18%iger Kochsalzlösung ruckartige Bewegung und Fortkriechen nach der anderen Seite. Nachdem es sich beruhigt hat, erfolgt bei Anwendung von 9%iger Kochsalzlösung die gleiche Reaktion. Ebenso machte das Tier beim Bespritzen mit 4%iger Essigsäure, die der Mensch kaum noch als sauer empfindet, deutliche Abwehrbewegungen und zog sich aus dem verunreinigten Gebiet zurück.

Wenn die Tarsenglieder der anderen beiden Beinpaare mit der 8%igen Kochsalzlösung bespritzt wurden, nahmen die Tiere auch diese aus dem getroffenen Gebiet fort. Jedoch war diese Reaktion nicht so heftig und konnte manchmal fast den Eindruck des Zufälligen machen. Dagegen veranlaßte ein Bespritzen des zweiten und dritten Beinpaares mit Behälterwasser die Tiere zu keiner Bewegung.

2. Versuche über das Unterscheidungsvermögen für verschiedene Chemikalien. Um festzustellen, ob *Nepa* mit den Fangbeinen chemische Reize zu unterscheiden vermag, bot ich den Tieren kleine, festgedrehte Wattebäuschchen in der Größe eines Beutetieres, die mit Lösungen der zu verwendenden Stoffe getränkt waren. Diese Wattebäusche wurden zunächst heftig ergriffen und angestochen, ehe sie beiseite geschoben wurden. Wenn nun ein Tier mehrere Wattebäusche mit derselben Lösung hintereinander bekam, lernte es bald, daß es damit nichts Freßbares erhalten hatte und schob sie zurück, ohne einen Anstich versucht zu haben. Dieses Zurückweisen erfolgte so schnell, daß nicht Substanz bis an die Rüsselspitze gelangt sein und hier geprüft werden konnte. Wurde nun aber ein Wattebausch mit einer anderen Lösung angeboten, so wurde dieser, nachdem er gepackt war, angestochen oder gar besogen, ehe die *Nepa* auch ihn fortschob. Die folgende Übersicht (s. S. 326) gibt den Verlauf eines solchen Versuches wieder.

Später wurden die Versuchsreihen so geändert, daß ein Tier eine Substanz zweimal zurückweisen mußte, ehe die Wattebäuschchen eine andere Lösung enthielten. Es wurde dadurch vermieden, daß ein etwa zufälliges Zurückweisen einen Erfolg vortäuschen konnte. Ein Beispiel aus den Versuchsprotokollen zeigt das Verhalten eines ♀ am 6. 7. 42 gegen 0,5%ige Schwefelsäure, konzentrierte Traubenzuckerlösung und physiologische Kochsalzlösung (s. die 2. Tabelle der S. 326).

Versuche, bei denen zuerst Zuckerlösung und dann als Gegensatz eine andere Substanz geboten wurde, gelangen in entsprechender Weise, wobei meist der als erster gereichte Wattebausch bis zu einer halben Minute lang besogen wurde. Abweichend verhielten sich die Tiere, wenn

18. 6. 42. *Nepa* ♀.

Wattebausch Nr.	Getränkt mit	Reaktion
1	$NaHCO_3$ konz.	gefaßt und angestochen
2—6	,, ,,	,, ,, ,,
7	,, ,,	,, ,, zurückgewiesen
8	Traubenzucker konz.	,, ,, besogen
9—10	$NaHCO_3$ konz.	,, ,, angestochen
11	,, ,,	,, ,, fortgeschoben
12	Traubenzucker konz.	,, ,, angestochen
	(Das Tier reagiert jetzt etwas zögernd. Pause von 10 Min.)	
13	$NaHCO_3$ konz.	gefaßt und angestochen
14—18	,, ,,	,, ,, ,,
19	,, ,,	faßt nur zögernd zu und läßt dann los
20	Traubenzucker konz.	gefaßt und lange besogen
21	$NaHCO_3$ konz.	,, ,, fortgeschoben
22	,, ,,	,, ,, ,,

ihnen mit Behälterwasser getränkte Wattebäusche gereicht wurden. Sie stachen nun 20—30 einzeln hintereinander gebotene Wattebäusche an und erlahmten dann langsam in ihren Bewegungen. Bot ich ihnen hierauf 0,5%ige Schwefelsäure, so wiesen sie diese schon beim zweiten- oder drittenmal zurück. Dieses Verhalten ist wohl damit zu erklären, daß beim Fehlen einer chemischen Empfindung die Tiere durch den taktilen Reiz immer wieder zum Anstechen veranlaßt wurden, und erst in dem Augenblick, wo ihnen durch Darreichung eines mit Chemkalien getränkten Wattebausches ein weiteres Merkmal gegeben wurde, die Möglichkeit zum spontanen Zurückweisen hatten.

Wattebausch Nr.	Getränkt mit	Reaktion
1	n/10 H_2SO_4	gefaßt und angestochen
2—7	desgl.	,, ,, ,,
8	,,	,, ,, zurückgewiesen
9	,,	,, ,, ,,
10	Traubenzucker konz.	,, ,, angestochen
11	n/10 H_2SO_4	,, ,, ,,
12	desgl.	,, ,, zurückgewiesen
13	,,	,, ,, ,,
14	physiol. NaCl	,, ,, angestochen
15	n/10 H_2SO_4	,, ,, ,,
16	desgl.	,, ,, zurückgewiesen
17	,,	,, ,, ,,
18	physiol. NaCl	,, ,, angestochen

Durch diese Versuchsreihen ist erwiesen, daß *Nepa* die Fähigkeit besitzt, mit den Fangbeinen verschiedene chemische Substanzen zu unterscheiden, denn allein die chemische Beschaffenheit konnte das Zurückweisen oder Anstechen veranlassen, da alle anderen Eigenschaften gleich waren.

Auf diese Weise wurde festgestellt, daß die Tiere Traubenzucker und Kochsalz von 5%iger Schwefelsäure und daß sie Natriumbicarbonat und Natriumsulfat von Traubenzucker und RINGER-Lösung unterscheiden.

Es ist anzunehmen, daß die Unterscheidung nach den vier Qualitäten Süß, Sauer, Salzig und Bitter erfolgt; entsprechend blieben Versuche mit Cumarin, Vanillin und Moschus ohne jedes Resultat.

3. Fütterungsversuche mit Beutetieren. Nach diesen Versuchen wurden die Wohnbehälter jedesmal gut ausgespült und wieder etwa 1 cm hoch mit Leitungswasser gefüllt, dem einige kleine lebende Wassertiere zugegeben waren. Dabei fiel mir auf, daß jeden Tag sämtliche der letztgenannten Tiere ausgesogen worden waren und nur rote Wassermilben sich stets noch am Leben befanden. Einmal konnte ich beobachten, daß eine Milbe mehrfach einer *Nepa* über die Fangbeine lief, ohne daß diese versucht hätte, zuzupacken.

Wenn an den Fangbeinen die Vorderkante der Femora und Tibien angestoßen wird, erfolgt ein kräftiges Zufassen, und so gelang es meist, die Tiere zu veranlassen, eine Milbe zu fassen, indem ich diese mit einer Pinzette an die Fangbeine brachte.

An einem Tage wurden in 3 von 36 Fällen die Milben nicht gefaßt. 18 Milben wurden entweder sofort wieder losgelassen, oder der Griff wurde langsam gelockert, so daß das Tier sich befreien konnte. In den restlichen 5 Fällen kam es zu einem Anstechen der Milbe. Wurde diese der *Nepa* aber 2—5mal hintereinander geboten, so lernte sie, sie sofort nach dem Ergreifen mit den Fangbeinen zu erkennen, und wies sie dann spontan zurück.

Diese Versuche gelangen in der gleichen Weise bei geblendeten Tieren. Es erfolgte also keine Unterscheidung der Wassermilben von anderen Beutetieren durch die Augen. Wenn intakten oder geblendeten Wasserskorpionen, nachdem sie Milben mehrfach zurückgewiesen hatten, ein anderes Beutetier, z. B. eine Ephemeriden- oder Mückenlarve geboten wurde, ergriffen sie diese heftig und führten sie sofort zum Aussaugen an die Rüsselspitze.

Um ganz sicher zu sein, daß nicht etwa die Form oder sonstige physikalische Eigenschaften der Milben den Tieren ein Erkennungsmerkmal gaben, wiederholte ich die Versuche mit zerdrückten Milben bei intakten und geblendeten Tieren und kam dabei zu dem gleichen Ergebnis.

Ganz ähnlich verhielten sich die Tiere gegen Larven von *Bufo vulgaris* Laur. Nachdem diese mehrere Tage in den Aquarien gewesen waren, lebten noch alle, obgleich die Wasserskorpione, da sie kein anderes Futter erhalten hatten, recht hungrig sein mußten. Die Kaulquappen konnten sich in ihrer nächsten Reichweite befinden oder sogar die Fangbeine benagen, ohne daß die Tiere zugepackt hätten. Beim Anstoßen der Fangbeine mit einer in einer Pinzette gefaßten Krötenlarve erfolgte zwar meist auf diesen starken taktilen Reiz ein Zupacken der Fangbeine: Von 17 Tieren faßten 15 kräftig zu, während 2 nur leise tasteten. Von den genannten 15 Tieren lockerten 12 den Griff, ohne einen Anstich versucht zu haben, nahmen dann die Fangbeine zurück und schoben die un-

geeignete Beute nach vorwärts außer Reichweite. Die 3 restlichen Tiere beseitigten die Beute erst dann, nachdem sie sie angestochen hatten.

Zum Nachweis, daß auch hier keine optischen Reize für das Erkennen verantwortlich sind, wurden einige Tiere durch Lackieren der Augen mit Spirituslack geblendet; sie reagierten dann noch in der gleichen Weise. In der folgenden Tabelle ist das Verhalten von 2 Tieren an 6 Tagen gegen Kaulquappen und Ephemeridenlarven dargestellt.

Nepa	Beute	1	2	3	4	5	6
geblendet	Kaulqu.	× ▩	× □	× ▩	× ‖	× ▩	× ▩
	Eph.	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □
intakt	Kaulqu.	× ▩	○	× ‖	× ▩	× ▩	× ▩
	Eph.	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □	× ‖ □

× gefaßt, ○ berührt, ▩ spontan zurückgewiesen, ‖ angestochen, □ besogen.

4. Genauere Lokalisation des Rezeptionsvermögens. Um festzustellen, an welchen Stellen *Nepa* für chemische Reize empfindlich ist, ließ ich vorsichtig aus einer Pipette wirksame Substanzen an die verschiedenen Teile der Beine und des Körpers fließen. Dabei zeigten sich Kopf, Thorax und Abdomen gegen alle Lösungen als vollständig unempfindlich. Es kam erst zu Bewegungen, wenn so lange Lösung ausgeströmt war, daß die Fangbeine von ihr berührt wurden. Die Tarsen der zweiten und dritten Beinpaare zeigten eine geringe Empfindlichkeit. Es mußten aber höhere Konzentrationen angewandt werden, und sie mußten längere Zeit einwirken als bei den Fangbeinen, ehe eine Reaktion erfolgte. (RINGER-Lösung, Kochsalz von einer Konzentration von 0,4% sowie n/30 Schwefelsäure wurden hier nicht beachtet.)

Um die Empfindlichkeit an den Fangbeinen genauer zu lokalisieren, wurden einer Reihe von Tieren die Femora oder die Tibien und Tarsen lackiert bzw. abgeschnitten. Eine Beunruhigung oder Schwächung nach dem Abschneiden war nicht festzustellen. Auch fingen die Tiere ihre Beute noch sicher, wofern nur der Stumpf zum Festhalten lang genug war. Bei total abgeschnittenen Tibien versuchten sie die Beute mit den Femora einzuklemmen, was aber meist nicht mehr gelang. Größer war die Beunruhigung nach dem Lackieren. Die Tiere versuchten dann zunächst den Lack abzuputzen, und die Versuche konnten erst nach einigen Minuten begonnen werden, wenn die Tiere sich beruhigt hatten. Bei diesen Versuchen verfuhr ich in der gleichen Weise wie bei den vorhergehenden. Ich stellte dabei fest, daß die Fähigkeit, chemische Reize zu rezipieren, dem ganzen Fangbein zukommt.

Bei isolierter Reizung der Tarsen und distalen Tibienenden der Fangbeine reagiert *Nepa* schneller als bei isolierter Reizung der Femora. Die folgende Tabelle zeigt das durchschnittliche Verhalten von 6 Tieren, denen die Fangbeine teilweise lackiert waren. Die angegebenen Zeiten

sind Mittelwerte aus je 20 Messungen und gelten vom Beginn des Spritzens bis zur ersten Bewegung der *Nepa*.

Reizungsmittel	Isolierte Reizung der				
	Tarsen und Tibien	Schenkel und proximal. Tibienenden	Schenkel	Tarsen des 2. Beinpaares	Tarsen des 3. Beinpaares
	Sek.	Sek.	Sek.	Sek.	Sek.
H_2SO_4 (0,2%) . .	1,1	2,75	3,1	3,6	6,7
NaCl (4,5%) . . .	3,2	3,2	4,0	7,4	8,7

II. Anatomische Untersuchungen.

Es erhebt sich nun die Frage, welchen Organen an den Vorderbeinen die Chemorezeption zuzuschreiben ist.

Zur Untersuchung der Fangbeine wurden Totalpräparate hergestellt sowie Schnitte angefertigt. Beim Schneiden ergaben sich große Schwierigkeiten. Das Chitin der Fangarme ist sehr hart und ungewöhnlich dick, und bei allen Versuchen, es zu erweichen, waren trotz größter Vorsicht die Gewebestrukturen bereits verloren gegangen, wenn das Chitin einen einigermaßen schneidbaren Zustand erreicht hatte. Recht brauchbare Schnitte erhielt ich bei der Fixierung ganz frisch gehäuteter Tiere nach Carnoy und bei Einbettung über Methylenbenzoat—Zelloidin und Benzol in Paraffin. Es war so auch gelegentlich möglich, Schnitte von 5 μ herzustellen. Vollständige Schnittserien gelangen selten; in den unteren Alkoholstufen löst sich leicht das Chitin vom Objektträger und trennt sich von der Hypodermis, da offenbar das Quellungsvermögen ein ganz anderes ist. Das Überziehen der Objektträger mit einer Photoxilinhaut tat hier gute Dienste. Von Färbungen wandte ich die Azanfärbung sowie die Hämalaun-Eosinfärbung und die Hämatoxylinfärbung nach Heidenhain an; letztere ließ die Sinneszellen und Zellkerne am besten hervortreten. Versuche mit Silberimprägnation sind mir nicht gelungen.

An den Fangbeinen kann man 5 Typen von Haaren bzw. Abkömmlingen von solchen unterscheiden. Abb. 1 ist ein Übersichtsbild von einem Stück der oberen Vorderkante des Femur; auf diesem Beinglied kommen vier der fünf Typen vor. Abb. 2 zeigt einen Querschnitt durch den Schenkel, auf dem sie längs getroffen wurden. Ein experimentelles Ausschalten einzelner dieser Gruppen erwies sich als unmöglich, da die verschiedenen Typen nicht klar getrennt auftreten und sehr zahlreich sind. Zur Feststellung ihrer Funktion bleibt also nur die Möglichkeit eines indirekten Schlusses: Wenn ein Organ außer an den Fangbeinen auch noch an anderen Körperstellen auftritt, wo nachweislich keine Chemorezeption stattfindet, so kann es nicht als Chemorezeptor in Frage kommen. Umgekehrt dürften sich die betreffenden Organe nur an chemisch reizbaren Stellen finden. Außerdem müssen Bau und Innervierung so sein, daß sie für eine Chemorezeption geeignet scheinen.

Aus den physiologischen Versuchen ging hervor, daß die Vorderbeine und hier besonders die distalen Enden der Tibien und die Tarsen auf chemische Reize ansprechen. Ein geringes Rezeptionsvermögen kommt auch den Tarsen der beiden anderen Beinpaare zu.

Über die ganze Fläche verteilt sind breite, tellerförmige Gebilde (Abb. 1 und 2 *Sch*, Abb. 3) von 0,025—0,03 mm Durchmesser, die mit einem Stiel unbeweglich in der Körperdecke verankert sind. Die Verbindung ihres Lumens mit dem Körperinneren ist sehr dünn. Von einer Innervierung habe ich nichts entdecken können. Bei ausgefärbten Tieren ist das Lumen mit einer Schicht dunklen Pigmentes ausgekleidet (Abb. 3 *Pi*). Außer an den Vorderbeinen findet man diese Gebilde an den Schenkeln und

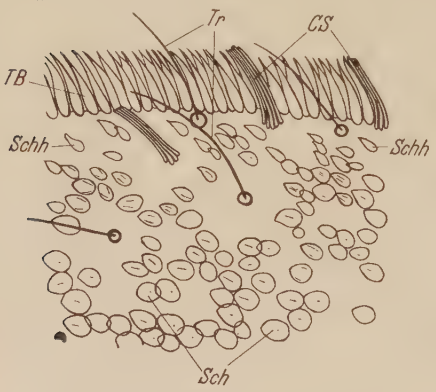

Abb. 1.

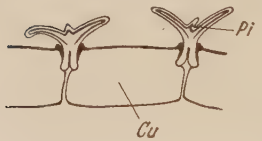

Abb. 3.

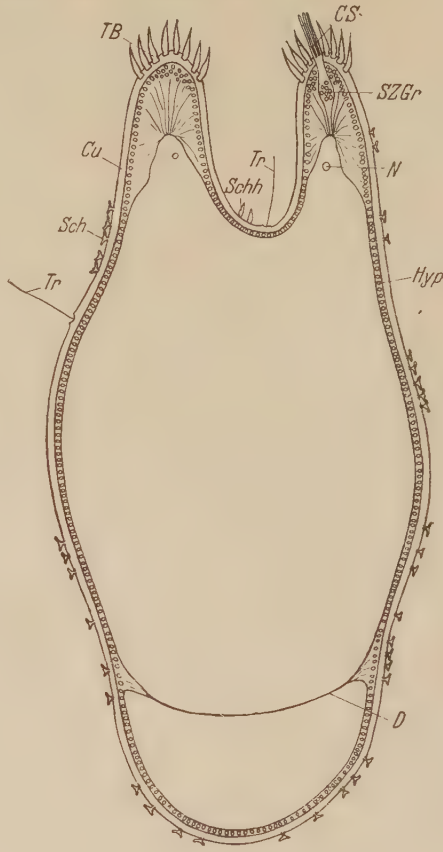

Abb. 2.

Abb. 1. Vorderkante des Femur. Totalpräparat. Vergr. 127mal. *CS* chemorezeptorische Sensillen, *Sch* Schuppen, *Schh* Schuppenhaare, *TB* Tastborsten, *Tr* Trichobothrien.

Abb. 2. Querschnitt durch das Femur. Fix.: Carnoysches Gemisch. Färbung: Hämatoxylin nach Heidenhain. 7,5 μ. Vergr. 87mal. Muskulatur und Tracheen sind fortgelassen. *Cu* Cuticula, *D* Beindiaphragma, *Hyp* Hypodermis, *N* Nerv, *SZGr* Sinneszellgruppe. Übrige Bezeichnungen s. Abb. 1.

Abb. 3. Längsschnitt durch Schuppen. Fix.: Carnoysches Gemisch. Färbung: Hämatoxylin nach Heidenhain. 7,5 μ. Vergr. 600mal. *Cu* Cuticula, *Pi* Pigment.

Schienen der zwei anderen Beinpaare, auf dem Rückenschild und den oberen Teilen des Kopfes sowie dem Corium und Clavus der Flügeldecken. Sie bedingen die Dunkelfärbung und Zeichnung und fehlen z. B. auf dem hellen Zickzackband des Femur. An den Kanten der verschiedenen Körperteile und den distalen Enden der Extremitäten sind diese Schuppen

nicht so typisch ausgebildet und ähneln einfachen Haaren. Ihre Befestigung liegt dann mehr exzentrisch (Abb. 1 und 2, *Schh*); über der Basis sind sie zwiebelartig erweitert und seitlich breitgedrückt. Für eine Chemorezeption kommen diese Organe nach Bau und Verteilung also nicht in Frage.

Sehr dünne lange Haare finden sich über die Fangbeine und den Rüssel verteilt; an den Tibien und Tarsen der beiden hinteren Beinpaare stehen sie sogar als zusammenhängende Reihe (Abb. 1 *Tr*, Abb. 4). Die Haare sind an den Fangbeinen zwischen 0,2 und 0,3 mm und an den hinteren Beinpaaren bis zu 0,5 mm lang; ihr Durchmesser beträgt an der Basis 0,003 mm. Sie sind eingesetzt an einer sehr dünnen Stelle im Chitin (Abb. 4 *GH*), die einen Durchmesser von 0,012—0,015 mm hat und stark nach außen gewölbt ist. Sie sind sehr elastisch und stimmen weitgehend mit den Trichobothrien überein, wie Liche sie für Gerriden beschrieben hat. Netzartige Verstärkungen auf der Gelenkhaut, wie Lundblad sie für *Drepanepteryx phalaenoides* abbildet und Weber sie für *Megalomus hirtus* beschreibt, habe ich nicht feststellen können. Bei der Feinheit und Biegsamkeit der Haare ist es leicht vorstellbar, daß Wasserbewegungen sich ihnen mitteilen und so auf die Gelenkhaut übertragen werden, an die eine einzelne Sinneszelle mit ihrem rezeptorischen Fortsatz anstößt. Es handelt sich also hier um Sinnesorgane, die den Tieren die Möglichkeit geben, Erschütterungen und Strömungen des Wassers wahrzunehmen, wozu *Nepa*, wie die physiologischen Versuche gezeigt haben, sehr befähigt ist.

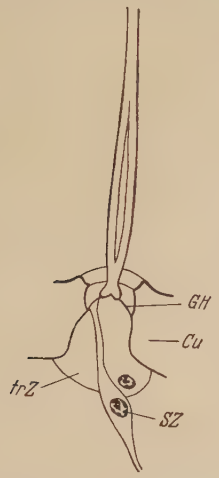

Abb. 4. Längsschnitt durch Trichobothrie. Fix.: Carnoysches Gemisch. Färbung: Hämatoxylin nach Heindehain. 7,5 μ. Vergr. 600mal. *Cu* Cuticula, *GH* Gelenkhaut, *SZ* Sinneszelle, *trZ* trichogene Zelle.

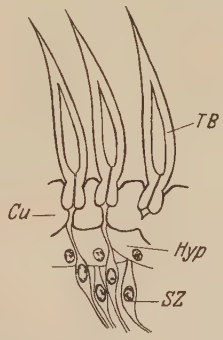

Abb. 5. Längsschnitt durch Tastborsten der Femurkante. Fix.: Carnoysches Gemisch. Färbung: Hämalaun-Eosin. 7,5 μ. Vergr. 600mal. *Cu* Cuticula, *Hyp.* Hypodermiszellen, *SZ* Sinneszellen, *TB* Tastborsten.

An der oberen und unteren Vorderkante von Femur und Tibia der Fangbeine findet sich eine große Anzahl starker Borsten als dichtstehende,

breite Reihe (Abb. 1 und 2 *TB*). Abb. 5 zeigt den Längsschnitt durch drei solcher Borsten von einer der Kanten des Femur. Ihr Chitin nimmt Hämatoxylinfarben nicht an und erscheint darum auf Präparaten in der natürlichen, hellgelben Farbe und ist stark lichtbrechend. Diese Borsten haben an der Schenkelkante einen Durchmesser von 0,006 mm und eine Länge von 0,05 mm, die sich bis zur Kante der Tarsen bis auf 0,035 mm verringert. In die Cuticula sind die Borsten mit einem konvexen Basalteil eingesetzt, so daß ihnen eine Beweglichkeit zukommt. An die Basis tritt der rezeptorische Fortsatz einer einzelnen Sinneszelle. Bei der

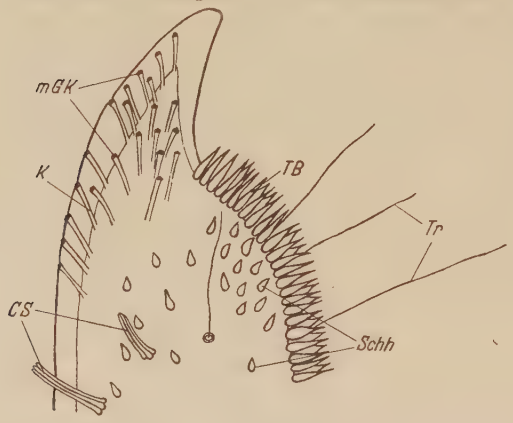

Abb. 6.

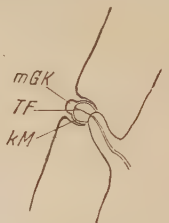

Abb. 7.

Abb. 6. Tarsenspitze mit massiven Grubenkegeln. Totalpräparat. Vergr. 90mal. *K* Kanäle, *mGK* massive Grubenkegel, die übrigen Bezeichnungen s. Abb. 1.

Abb. 7. Längsschnitt durch massiven Grubenkegel. Fix.: Carnoysches Gemisch. Färbung: Hämalaun-Eosin. Vergr. 600mal. *kM* kuppelförmige Membran, *mGK* massiver Grubenkegel, *TF* Terminalfaden.

Berührung der Vorderkanten der Fangbeine werden diese Borsten getroffen. Es erfolgt dann das schnelle Zupacken, das bei den physiologischen Versuchen beschrieben wurde. Ohne Zweifel handelt es sich hier also um Tastborsten. Darüber hinaus unterstützen sie das Tier gewiß beim Festhalten der Beute, deren Entgleiten durch die zahnartig ineinander greifenden Reihen verhindert wird.

Die Spitze des Tarsengliedes der Fangbeine besteht aus dickem, festem und stark lichtbrechendem Chitin. Zahlreiche runde Kanäle von 0,005 mm Durchmesser durchsetzen es (Abb. 6 *K*). In ihnen finden sich Organe (Abb. 7 *mGK*), die eine große Ähnlichkeit mit den massiven Grubenkegeln haben, wie sie Hochreuther für die Mundwerkzeuge von *Dytiscus marginalis* beschrieben hat. Die Spitze ist etwas abgerundet und ragt wenig über die Oberfläche heraus. Sie besteht aus sehr festem und gegen alle angewandten Farben resistentem Chitin. Die kuppelförmige Membran, auf der sie befestigt ist, ist verhältnismäßig hoch, ein wenig färbbar und legt sich eng an den Kanal an. Die Nervenzelle stößt mit einem sehr dünnen und straff gespanntem Terminalfaden an die Basis des Kegels an. Proximalwärts ließ sich die Innervierung nicht

genau verfolgen, da die Zellen hier sehr dicht gedrängt liegen. Es hat jedoch den Anschein, als ob der Fortsatz jeweils nur von einer Sinneszelle ausgesandt wird. Die Kerne dieser Sinneszellen sind 0,01 mm lang und 0,003 mm breit. Die Hypodermiszellen sind eng an die Wand gedrückt.

Bei der Amputation und Lackierung der Tarsenglieder habe ich keine Ausfallserscheinungen beobachtet. Eine Chemorezeption ist für diese Organe ausgeschlossen, da das starke Chitin keine Substanzen durchlassen kann. Als einzig plausible Erklärung erscheint mir, daß es sich hier um Organe handelt, die die Tiere darüber orientieren, ob der Griff, mit dem die Beute gepackt wurde, fest genug ist, da dann die Tarsenspitze in einer Vertiefung des Schenkels liegt. Zur Rezeption dieser Berührung scheinen mir diese Organe gut geeignet.

Außerdem finden sich an den Vorderbeinen Gruppen von 5—10 dünnwandigen dicht zusammenstehenden Haaren mit stumpfem Ende (Abb. 1, 2 und 6 *CS*). Die Länge des einzelnen Haares ist etwa 0,05 mm und sein Durchmesser 0,002—0,003 mm. Umgeben sind sie von einer Anzahl schwach verdickter, wenig modifizierter Haare, die ihrem Schutze dienen mögen. Am häufigsten sind solche Gruppen zwischen den Tasthaaren der Vorderkante. Sie sind aber auch über die vordere Fläche verteilt und stehen dann von den anderen Elementen etwas isoliert. Gegen die distalen Enden der Tibien und die Tarsen nimmt ihre Häufigkeit zu. Abb. 8 zeigt einen Schnitt, auf dem eine solche Gruppe von Sinneshaaren in Verbindung mit den dazugehörigen Sinneszellen getroffen ist. Die Haare sind im Vergleich zu allen anderen vorkommenden Haaren sehr dünnwandig. Das Chitin ist weich und wird von Hämatoxylinfärben leicht durchdrungen. Die Innervierung erfolgt über eine Gruppe Sinneszellen, von denen auf einem Schnitt im Maximum fünf als zu einem Haar gehörig gezählt wurden. Die Kerne dieser Sinneszellen sind spindelförmig und chromatinärmer als die der Hypodermiszellen. Die Gruppen heben sich deutlich aus der sie umgebenden Zellmasse von Hypodermis- und Sinneszellen der Tastborsten hervor. Wesentlich dazu trägt auch die faserige Struktur ihres hellgrau gefärbten Plasmakörpers bei. Dieser zieht sich in einen Terminalfaden aus, der bis in die Spitze des Haares zu verfolgen ist. Auch auf Querschnitten unterscheiden sich die chemorezeptorischen Sensillen von den sie umgebenden Tastborsten, deren dickes Chitin die ganze Durchbohrung der Cuticula bis auf einen feinen Kanal ausfüllt, während man in gleicher Höhe des Schnittes bei chemischen Sensillen nur den Querschnitt des Terminalstranges findet (Abb. 9a *TStr*). Proximalwärts verbreitert sich dieser. Hier legt sich an jede Zelle der Kern einer trichogenen Zelle eng an (Abb. 9b *TStr*, *trZ*).

Die Feinheit und Permeabilität des Chitins dieser Sensillen setzt chemischen Substanzen keine großen Hindernisse entgegen. Nach Weber besitzen Chemorezeptoren vielfach zahlreiche Sinneszellen, während Tasthaare regelmäßig nur eine Sinneszelle haben. In der Literatur habe

ich nur an einer Stelle, nämlich bei HOCHREUTHER, Tastborsten beschrieben gefunden, die über eine Sinneszellgruppe innerviert waren. Es handelt sich hier um Sensillen an den Mundwerkzeugen und am Gaumen von *Dytiscus marginalis*.

Dem Bau und der Innervierung nach erscheinen die von mir beobachteten, dünnwandigen Haare gut zur Chemorezeption geeignet. Auch

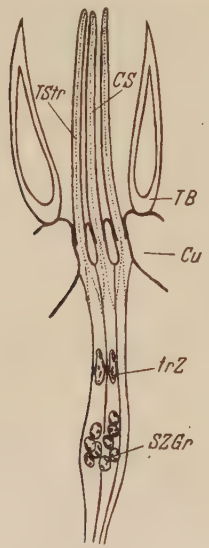

Abb. 8.

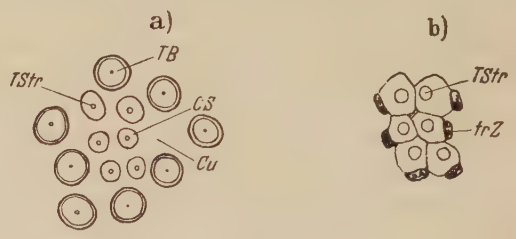

Abb. 9.

Abb. 10.

Abb. 8. Längsschnitt durch chemorezeptorisches Sensillum. Fix.: CARNOYSches Gemisch. Färbung: Hämatoxylin nach HEIDENHAIN. 7,5 μ. Vergr. 600mal. *CS* Chemorezeptorisches Sensillum, *Cu* Cuticula, *SZGr* Sinneszellgruppe, *TB* Tastborsten, *TStr* Terminalstrang, *trZ* Kerne der trichogenen Zellen.

Abb. 9. Querschnitte durch chemorezeptorisches Sensillum. Fix.: CARNOYSches Gemisch. Färbung: Hämalaun-Eosin. Vergr. 600mal. a In Höhe der Cuticula. b In Höhe der trichogenen Zellen. *Cu* Cuticula, *CS* chemorezeptorisches Sensillum, *TStr* Terminalstrang, *TB* Tastborsten, *trZ* Kerne der trichogenen Zellen.

Abb. 10. Untere Kante der Tarsen des zweiten Beinpaares. Totalpräparat. Vergr. 190mal. *B* Borsten, *CS* chemorezeptorische Sensillen, *Sch* Schuppen.

wird dadurch, daß die einzelnen Elemente so dicht beieinander stehen, infolge Kapillarattraktion ein längeres Einwirken der Reizstoffe herbeigeführt.

Außer an den Fangarmen fand ich solche Organe an den Tarsen des zweiten und dritten Beinpaares zwischen den starken Borsten der Sohlenkanten (Abb. 10 *CS*). Diese Gruppen zählen nur 4—5 Haare. Ihre Länge ist mit nur 0,0035 mm geringer. Das Vorhandensein von ähnlichen Organen an den Tarsen dieser Beinpaare stimmt gut zu ihrer bei den physiologischen Versuchen gezeigten Ansprechbarkeit auf chemische Reize.

C. Untersuchungen an Corixiden.

Um bei Corixiden das Vorhandensein eines Geschmacksvermögens an den Vorderbeinen zu untersuchen, verwendete ich Larven und Imagines zweier Arten der Gattung *Corixa* (*C. dentipes* Thoms. und *C. punctata* Ill.), ferner Larven und Imagines von *Callicorixa praeusta* Fieb. und einiger *Sigara*-Arten (*S. linnei* Fieb., *S. fossarum* Leach, *S. distincta* Fieb., *S. striata L.*, *S. limitata* Fieb.) sowie einige erwachsene Exemplare von *Cymatia coleoptrata* F.

Die Tiere konnten in den Altwässern der Lahn bei Marburg leicht gefangen werden. Im Aquarium lassen sie sich nicht längere Zeit halten, da sie sehr frisches Wasser verlangen. Ich brachte sie in Schalen von 27 cm Durchmesser unter, die 5—6 cm hoch mit Wasser gefüllt und gut mit allerlei Wasserpflanzen und Detritus beschickt waren. Wenn die Schalen in der Nacht kühl gestellt wurden, ließen sich die Tiere einige Tage munter erhalten.

I. Physiologische Versuche.

Im Gegensatz zu *Nepa*, die unbeweglich in den Gewässern sitzt und die Beute ergreift, wenn diese in Reichweite kommt, schwimmen die Corixiden lebhaft im Wasser umher. Bei der Nahrungssuche ist der Kopf nach unten gerichtet, die zu Palae umgebildeten Vorderbeine schleppen etwas nach hinten auf dem Boden oder führen suchende Bewegungen aus. Sonst aber nehmen die Tiere beim Vorwärtsschwimmen im Wasser eine horizontale Lage ein und kommen durch kräftige Stöße der Schwimmbeine sehr rasch voran.

Entsprechend mußten die physiologischen Versuche im Vergleich zu den mit *Nepa* angestellten abgeändert werden. Die Tiere wurden in 27 cm große Schalen gebracht, die etwa 5 cm hoch Wasser enthielten. Die Schalen standen auf einer weißen Unterlage und wurden außen mit einem 12 cm breiten Mantel von Filtrierpapier umgeben, damit kein einseitiger Lichteinfall einen störenden Einfluß haben konnte. Es herrschte dann im ganzen Gefäß eine gleichmäßige Helligkeit. In den Schalen brachte ich am Rande ein umgekehrtes Reagensglaz an, in dem sich die in ihrer Wirkung auf Corixiden zu prüfenden Lösungen befanden. Um ihre allzu schnelle Ausbreitung zu vermeiden, wurde in der Öffnung ein Glaswollpfropfen angebracht; zugleich verhinderte dieser ein Eindringen der Tiere in das Reagenzglas. Um einen Anhaltspunkt zu haben, wie weit sich die Lösungen in dem Gefäß ausgebreitet hatten, wurden sie mit Methylenblau oder Congorot etwas angefärbt. Beide Stoffe wurden, wenn sie nur in Wasser gelöst, aber untor völlig gleichen Versuchsbedingungen den Tieren geboten wurden, in keiner Weise von ihnen beachtet. Unterschiede in der Diffusionsgeschwindigkeit zwischen dem Färbungsmittel und der Versuchslösung können hier praktisch vernachlässigt werden, zumal die Ausbreitung zu einem wesentlichen Teile durch das höhere spezifische Gewicht der Lösungen und die Wasserbewegungen entsteht, die die Tiere durch ihr Umherschwimmen verursachen. Ich brachte das Reagenzglas seitlich im Versuchsgefäß an, da so die Tiere, die gerne am Rande umherschwimmen, immer wieder an die Grenze geführt werden und sich neu entscheiden müssen.

Wenn die Tiere einen der eingebrachten Stoffe suchen, schwimmen sie, mit dem Kopf nach unten, aufgeregt in jenem Gebiet umher, das die Lösung enthält, und kehren um, sobald sie in das einer Wasser

gelangen. Fliehen sie ihn, so setzen sie sich oft an der Wasseroberfläche in einer Gegend fest, die nicht von der eingebrachten Lösung berührt

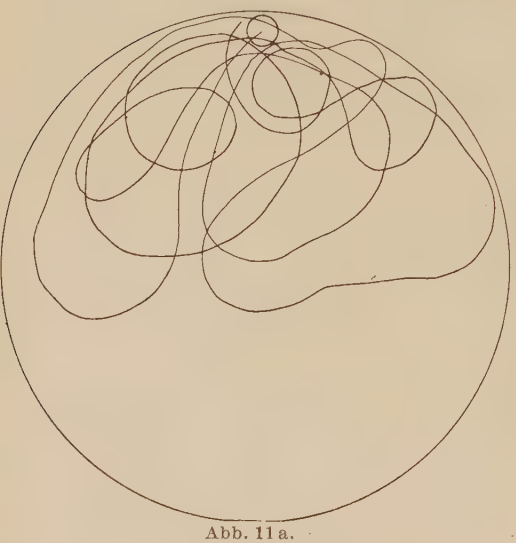

Abb. 11a.

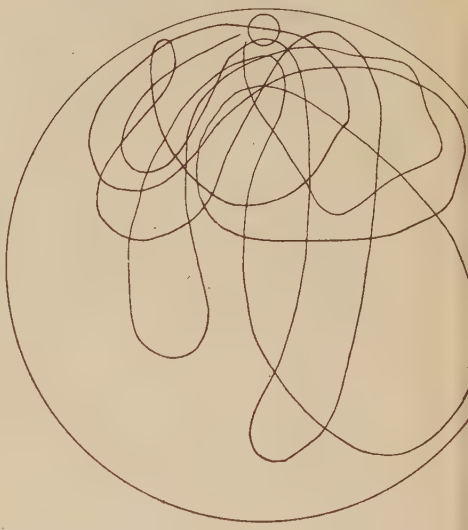

Abb. 11b.

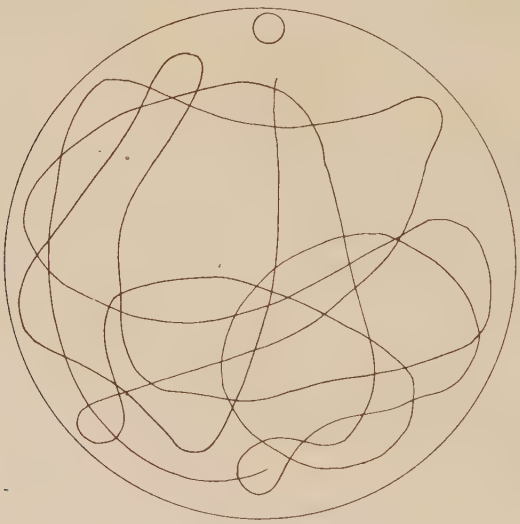

Abb. 11c.

Abb. 11a—c. Schwimmspuren einer *Corixa dentipes* in einer Schale, in deren einer Hälfte sich 25 ccm einer 12 %igen Traubenzuckerlösung ausgebreitet hatten. a Tier intakt, b Mundfeld lackiert, c Palae abgeschnitten.

wird. Wenn sie bei erneutem Umherschwimmen auf die die Substanz enthaltende Seite der Schale geraten sind, schwimmen sie mit ein paar kräftigen Stößen in das reine Wasser zurück.

Abb. 11a zeigt die Schwimmspuren einer *Corixa dentipes* in dieser Versuchsanordnung, bei der das Reagenzglas 25 ccm einer 12%igen

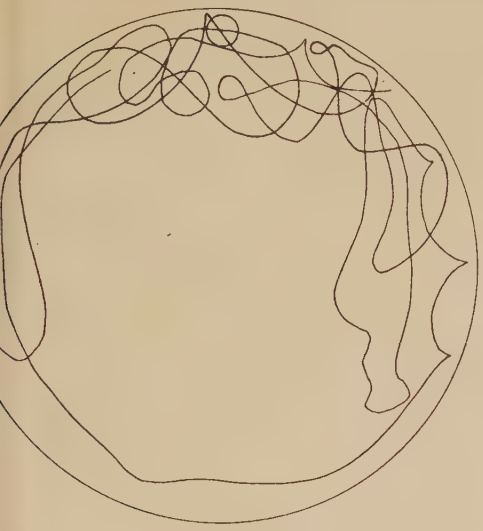

Abb. 12a.

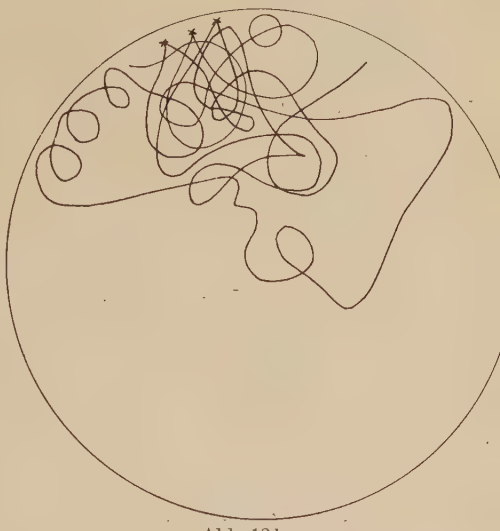

Abb. 12b.

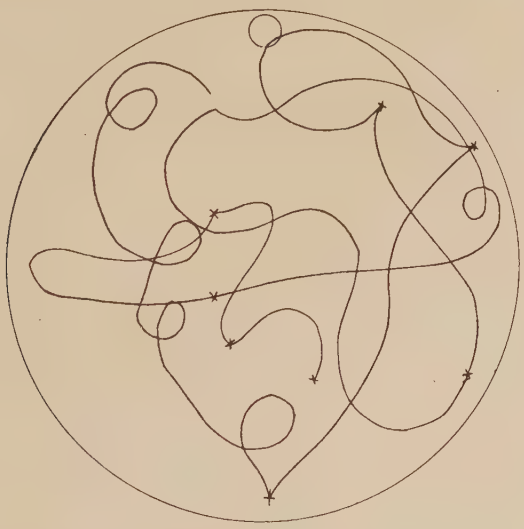

Abb. 12c.

Abb. 12a—c. Schwimmspuren einer *Sigara fossarum* in einer Schale, in deren einer Hälfte sich 25 ccm einer 9%igen Rohrzuckerlösung ausgebreitet hatten. a Tier intakt, b Mundfeld lackiert, c Palae abgeschnitten.

Traubenzuckerlösung enthielt. Die Spuren wurden in diesem wie auch in den übrigen Fällen aufgezeichnet, nachdem sich die Lösungen in der einen Hälfte der Schale ausgebreitet hatten. Je nach Lebhaftigkeit der

Tiere wurde das Verhalten während eines Zeitraums von 5—10 Min. wiedergegeben. Jenes Gebiet, über das sich die Traubenzuckerlösung bereits verteilt hat, wird deutlich bevorzugt. Abb. 11b bringt die Schwimmspuren desselben Tieres nach Neuansetzung des Versuches. Jetzt war dem Tier das Mundfeld lackiert worden, um die hier reichlich vorhandenen Sinnesorgane auszuschalten; denn unter ihnen befinden sich auch solche chemorezeptorischer Natur. Auch jetzt ist eine Bevorzugung der die Zuckerlösung enthaltenden Seite erkennbar. Nun wurden dem Tier auch noch die Palae abgeschnitten. *Corixa dentipes* ist nicht sehr empfindlich gegen diese Amputation und schwimmt nach 1—2 Min. in der gewohnten Weise umher. Jetzt bevorzugt sie die Zuckerlösung nicht mehr (Abb. 11c).

Ähnlich verliefen Versuche mit verschiedenen *Sigara*-Arten, und zwar bot ich einem ♂ und 3 ♀ eine 9%ige Rohrzuckerlösung und 2 ♂ und 2 ♀ eine 12%ige Traubenzuckerlösung. Abb. 12a stellt die Schwimmspuren eines ♀ von *Sigara fossarum* in dieser Versuchsanordnung dar, bei der das Reagenzglas 25 ccm einer 9%igen Rohrzuckerlösung enthielt. Abb. 12b zeigt, daß das Tier nach dem Lackieren des Mundfeldes den zuckerhaltigen Teil der Schale noch bevorzugte. Nachdem nun auch noch die Vorderbeine amputiert worden waren, schwamm es in der gesamten Schale umher (Abb. 12c). Diese letzteren Bahnen legte das Tier zurück, nachdem es in seinem Aufenthaltsgefäß 10 Min. Ruhe gehabt hatte, da die sehr zarten Vertreter von *Sigara* nach der Amputation geneigt sind, sich an der Wasseroberfläche festzusetzen. Die betreffenden Stellen sind auf den Abbildungen als × festgelegt. Die Tiere mußten in solchen Fällen durch leichtes Anstoßen wieder zum Umherschwimmen veranlaßt werden.

Abb. 13a—c gibt die Schwimmspuren eines ♀ von *Sigara striata* wieder, wobei der Versuch mit 25 ccm einer 12%igen Magnesiumsulfatlösung angesetzt war. In der Schale hat das Magnesiumsulfat sich so stark verdünnt, daß der Mensch den Geschmack nur noch undeutlich wahrnimmt. Auch hier hielt sich das Tier vorzugsweise auf der den Bitterstoff enthaltenden Seite auf, bis ihm die Palae entfernt wurden. Das gleiche Verhalten gegen Magnesiumsulfat zeigten 1 ♀ von *Corixa punctata* und 1 ♀ und 1 ♂ von *Sigara* spec. Dagegen konnte ich bei Anwendung von n/10-Schwefelsäure und 10%iger Ammoniaklösung keine Bevorzugung einer Schalenhälfte feststellen. Ebenso fehlten Reaktionen der Tiere bei Versuchen mit kräftig riechenden Lösungen von Cumarin, Vanillin und Moschus.

Anders verliefen die Versuche mit 35%iger Kochsalzlösung; sie wurde bei ihrer Ausbreitung im Wasser des Versuchsgefäßes gemieden. Die Tiere gerieten hier beim Umherschwimmen immer wieder auf jene Seite, die das Salz enthielt, doch verließen sie diese sofort wieder mit ein paar

kräftigen Schwimmstößen. Die Aufzeichnung der Schwimmspuren hätte also kein klares Bild geben können. Ein eindeutiges Ergebnis lieferte

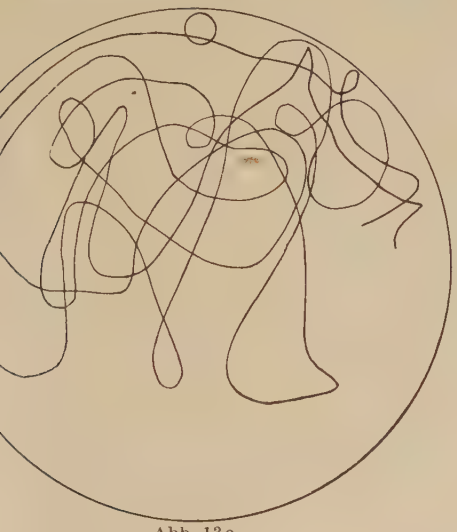

Abb. 13a.

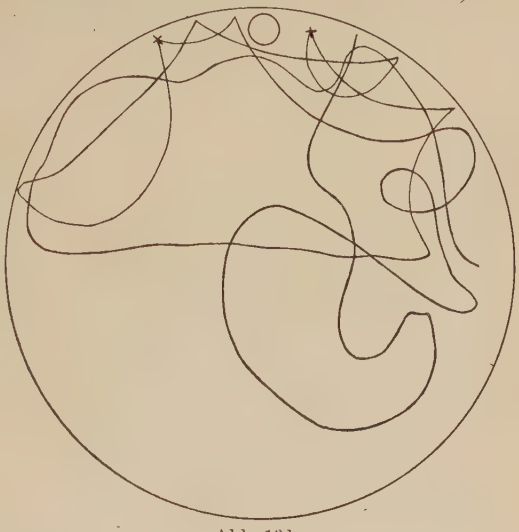

Abb. 13b.

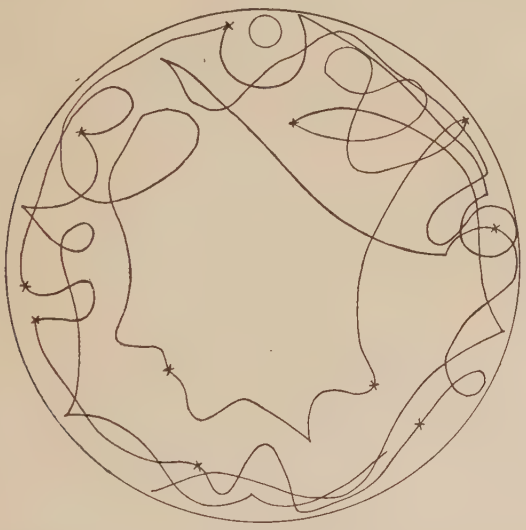

Abb. 13c.

Abb. 13a—c. Schwimmspuren einer *Sigara striata* in einer Schale, in deren einer Hälfte sich 25 ccm einer 12%igen Magnesiumsulfatlösung ausgebreitet hatten. a Tier intakt, b Mundfeld lackiert, c Palae abgeschnitten.

dagegen der Vergleich der Aufenthaltszeiten in den beiden Hälften der Schale. (Wenn die Tiere sich festgesetzt hatten, wurden sie sofort durch leichtes Anstoßen zum Weiterschwimmen veranlaßt.)

	Intakt		Lackiertes Mundfeld		Palae abgeschnitten	
	H_2O Sek.	NaCl Sek.	H_2O Sek.	NaCl Sek.	H_2O Sek.	NaCl Sek.
Sigara striata . .	244	56	238	62	157	143
S. fossarum . . .	219	81	229	71	169	131
Corixa punct. . .	257	43	413	87	146	154

Um zu zeigen, daß nicht der höhere osmotische Druck die Tiere veranlaßte, eine Seite zu bevorzugen, brachte ich an zwei einander gegenüberliegenden Stellen der Schale je ein Röhrchen an; jedes enthielt 25 ccm Wasser. Im einen waren 3 g Traubenzucker und im anderen 0,5 g Kochsalz gelöst. Der osmotische Druck dieser Lösungen ist der gleiche, und nach einiger Zeit mußte in der ganzen Schale ein gleichmäßiger Druck herrschen. Eingebracht wurden zwei Exemplare von *Sigara striata*, eines von *S. fossarum* und eines von *Corixa punctata*. Bei allen Tieren war die Bevorzugung der Zuckerlösung deutlich.

II. Feststellung und anatomische Untersuchung eines chemischen Organs bei verschiedenen Corixidenarten.

An den Palae der Corixiden findet man außer einer großen Anzahl typischer Tast- und Reusenborsten (Abb. 14 *B*) an der äußersten Spitze neben der Endkralle einen Kolben, der besonders an der Spitze sehr dünnwandig ist, also nach seinem äußeren Bau zur Chemorezeption geeignet erscheint (Abb. 14 *SK*).

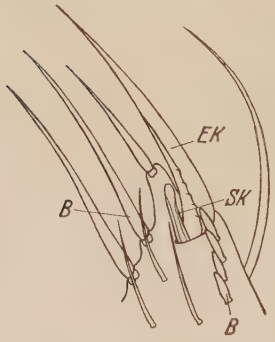

Abb. 14. Spitze der Pala einer Corixidenlarve. Totalpräparat: Vergr. 225mal. *B* Tast- und Reusenborsten. *EK* Endkralle. *SK* Sinneskolben.

Erwähnt wird dieser Sinneskolben nur durch Weber als beim ♂ von *Corixa punctata* vorkommend, und Stichel zeichnet in den Abbildungen der Palae der ♂ von *Callicorixa concinna* Fieb., *C. producta* Reut., *C. praeusta* Fieb. und *C. gebleri* Fieb. ein Gebilde, das möglicherweise einen solchen Kolben darstellen soll.

Ich fand diesen Kolben bei ♂ und ♀ von *Corixa punctata*, ♂ und ♀ von *Corixa dentipes*, ♂ von *Callicorixa praeusta*, ♂ von *Sigara linei*, ♂ und ♀ von *Sigara fossarum*, ♂ und ♀ von *S. distincta*, ♀ von *S. hieroglyphica*, ♂ und ♀ von *S. striata*, ♂ und ♀ von *S. limitata*, ♂ und ♀ von *Cymatia coleoptrata* sowie bei etwa 50 nicht näher bestimmbaren Larven 2.—5. Stadiums von *Corixa* und *Sigara*.

Durchzogen ist die Pala von einer Chitinsehne, die an der Spitze des Fußes mit einer Gabelung ansetzt und in der Tibia mit einigen Muskeln befestigt ist. An jungen, noch durchsichtigen Larven ist zu beobachten, daß diese Sehne regelmäßig pulsiert, also an der Blutzirkulation beteiligt

ist. Die Endkralle des Fußes führt gelegentlich zuckende Bewegungen aus, während der Sinneskolben stets unbeweglich bleibt.

Totalpräparate der Palae lassen sich nicht soweit aufhellen, daß Nervenbahnen sichtbar werden. Selbst auf Schnitten waren solche selten zu verfolgen, da sie kaum auf einer längeren Strecke durch einen Schnitt getroffen werden. Die Innervierung der Tastborsten über nur eine Sinneszelle war jedoch deutlich.

Die Feststellung der Innervierung des Sinneskolbens der Spitze wird behindert durch die beiden Enden der Sehne, die in seiner unmittelbaren Nähe befestigt sind, und dem harten Chitin der Endkralle, das die Schnitte leicht zerreißt. Nur auf einem Präparat von einem ganz frisch gehäuteten Männchen war zu sehen, wie sich von vier Sinneszellen aus ein Terminalstrang in den Kolben fortsetzt (Abb. 15 *SZGr*, *TStr*). Auf anderen Präparaten war dieser Strang bis in die dünnwandige Spitze des Kolbens zu verfolgen. Da an den Palae außer dem beschriebenen Kolben keine Organe vorhanden sind, die für eine Chemorezeption geeignet sind, ist anzunehmen, daß ihm diese Funktion zukommt. Sein Auftreten bei ♀ und Larven ist ein Beweis, daß er bei der Nahrungssuche gebraucht wird.

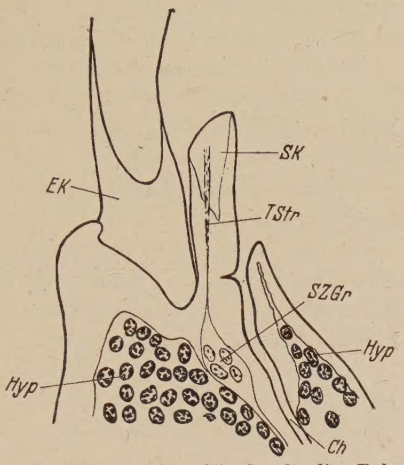

Abb. 15. Längsschnitt durch die Pala eines frisch gehäuteten Sigaramännchens. Fix.: Carnoysches Gemisch. Färbung: Hämatoxylin nach Heidenhain. 7,5 μ. Vergr. 600mal. *Ch* Chitinsehne, *EK* Endkralle (angeschnitten), *Hyp.* Hypodermiszellkerne, *SK* Sinneskolben (angeschnitten), *SZGr* Sinneszellgruppe, *TStr* Terminalstrang.

Zusammenfassung.

A. *Nepa*. Beim Beutefang sind Tast- und Erschütterungsreize von großer Wichtigkeit. Optisch wird die Bewegung einer Beute im Gesichtsfeld erkannt, während unbewegte Beutetiere nicht ergriffen werden.

Nepa besitzt die Fähigkeit, mit den Fangbeinen chemische Reize wahrzunehmen und verschiedene chemische Substanzen zu unterscheiden.

Zur Nahrung ungeeignete Beutetiere werden bereits beim Ergreifen mit den Fangbeinen erkannt und zurückgewiesen. Die Erkennungsmerkmale sind nicht optischer oder physikalischer Art, sondern chemische Eigenschaften. Das Rezeptionsvermögen für chemische Reize ist über das ganze Fangbein verteilt. Bei isolierter chemischer Reizung der Tarsen und distalen Enden der Tibien erfolgt eine Reaktion schneller als bei isolierter Reizung des Femur.

Eine geringe Empfindlichkeit gegenüber chemischen Reizen ist auch an den Tarsen des zweiten und dritten Beinpaares festzustellen.

An den Fangbeinen von *Nepa* findet man fünf Typen von Anhängen:

1. Schuppen, die die Färbung und Zeichnung hervorrufen,

2. Trichobothrien, die die Tiere über Strömungen und Erschütterungen des Wassers orientieren,

3. Tastborsten, die zugleich zum Festhalten der Beute dienen,

4. Massive Grubenkegel an der Spitze des Tarsengliedes und

5. Chemorezeptorischen Sensillen, die sich in Gruppen über das ganze Bein verteilt finden. Die Innervierung dieser Sensillen erfolgt über eine Gruppe von Sinneszellen.

Außer an den Fangbeinen findet man einzelne kleinere Gruppen solcher Sensillen an den Tarsen des zweiten und dritten Beinpaares.

B. Corixiden. Bei verschiedenen Arten aus der Familie der Corixiden wurde die Fähigkeit, Zucker- und Salzlösungen mit den Palae zu erkennen, nachgewiesen. Hierbei handelt es sich nicht um die Feststellung eines höheren osmotischen Druckes.

Außer Tast- und Reusenborsten findet man nur an der Spitze der Palae neben der Endkralle einen dünnwandigen Kolben, der für die Chemorezeption verantwortlich gemacht werden kann.

Dieses Organ wurde nachgewiesen bei ♂ und ♀ sowie bei Larven verschiedener *Sigara*- und *Corixa*-Arten und dient den Tieren bei der Nahrungssuche.

Literatur.

Hochreuther, R.: Die Hautsinnesorgane von *Dytiscus marginalis* L., ihr Bau und ihre Verbreitung am Körper. Z. Zool. **103** (1912). — **Liche, H.:** Beobachtungen über das Verhalten der Wasserläufer (*Gerridae, Hemiptera-Heteroptera*). Bull. Acad. Polon. Sci. Cl., Sci. Math. et Nat. Sér. B. **1936**. — **Lundblad, O.:** Über das Vorkommen von Trichobothrien bei Neuropteren und Corrodentien. Entomol. Tidskr. **46** (1925). — **Minnich, D. E.:** The chemical sensitivity of the legs of the Blow-Fly *Calliphora vomitoria* L. to various sugars. Z. vergl. Physiol. **11** (1930). — **Nagel, A. W.:** Ergebnisse vergleichend physiologischer und anatomischer Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmackssinn und ihre Organe. Biol. Zbl. **14** (1894). — **Nagel, W. A.:** Die niedrigen Sinne der Insekten. Tübingen 1892. — **Nagel W. A.:** Vergleichende physiologische und anatomische Untersuchungen über den Geruchs- und Geschmackssinn und ihre Organe. Zoologica **1894**. — **Stichel, W.:** Illustrierte Bestimmungstabellen der deutschen Wanzen. Berlin-Hermsdorf 1925—1938. — **Weber, H.:** Lehrbuch der Entomologie. Jena 1933. — Biologie der Hemipteren. Berlin 1930. — **Weiß, J.:** Versuche über die Geschmacksrezeption durch dieTarsen des Admirals, *Pyrameis atalanta* L. Z. vergl. Physiol. **12** (1930).

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz A.G., Würzburg. — Printed in Germany.

Lebenslauf

Ich wurde geboren am 1. Mai 1910 in Brunshausen über Stade. Ich bin ev. Konfession und deutscher Staatsangehörigkeit. Von Ostern 1916 bis Ostern 1919 besuchte ich die Volksschule in Brunshausen, von Ostern 1919 bis Ostern 1926 das Städtische Lyzeum in Stade, von Ostern 1926 bis Ostern 1927 die Landwirtschaftliche Haushaltungsschule in Stade und von Ostern 1927 bis Ostern 1930 das Oberlyzeum i. E. in Stade, das ich mit dem Reifezeugnis verließ.

Im SS. 1930 studierte ich in Hamburg, im WS. 1930/31 in Bonn und vom SS. 1931 bis WS. 1932/33 in Marburg. Vom 15. Januar 1934 bis 15. Aug. 1934 arbeitete ich in einer Gärtnerei in Baden-Baden. Vom 20. August 1934 bis 31. August 1935 arbeitete ich als freiwillige wissenschaftliche Hilfskraft an der Zweigstelle Stade der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft.

Am 21. Dez. 1934 heiratete ich Dr. phil. nat. Rudolf Abraham. Als mein Mann am 8. Jan. 1942 einer Krankheit erlag, entschloß ich mich, mein Studium in Marburg zu vollenden.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten:

in Hamburg: Artin, Heitz, Irmscher, Rabe, Winkler;

in Bonn: Fitting, Pfeiffer, Reichensperger;

in Marburg: Alverdes, Claussen, Döpp, Fischer, Funk, Grüneisen Jaensch, Mattes, Meerwein, Nordhausen, Schlieper, Strecker, Wittig.

Gesche R. Abraham geb. Ehlers